

## Vizsgálatok a kukorica táplálóanyag ellátottságának tanulmányozására

DEZSŐ IMRÉNÉ és MAUL FERENC

*Agrártudományi Egyetem Talajtani Tanszék, Gödöllő*

Mezőgazdaságunk évről évre egyre több műtrágyát használ fel termései-  
nek fokozására. A műtrágyák helyes és gazdaságos felhasználása érdekében fon-  
tos, hogy minél alaposabban és egyre korszerűbb és érzékenyebb módszerekkel  
tanulmányozzuk a talaj és a növény kölcsönhatását.

Szakirodalmunkban régóta hangoztatott álláspont, hogy a műtrágyák  
helyes alkalmazása érdekében meg kell ismernünk a növény táplálóanyagszük-  
ségletét az egész tenyészidő alatt és ezt egybe kell vetni a talaj táplálóanyag-  
szolgáltató képességével. Ehhez szükség van arra, hogy nemcsak a kérdés rész-  
folyamatait vizsgáljuk, hanem komplex vizsgálatokat is végezzünk. A mű-  
trágya hatásának bonyolult folyamatát mint összefüggő egységes folyamatot  
kell tanulmányoznunk és az egész folyamatot akkor sem szabad szem elől  
tévesztetni, amikor részeire bontva egyes részleteit vizsgáljuk. Az ilyen ter-  
mészetű tanulmányok értékes adatokat adhatnak műtrágyázási szaktanács-  
adásunk fejlesztésére.

Ezek az elgondolások vezettek arra, hogy első lépésként egy konkrét  
kukorica műtrágyázási kísérletben vizsgáljuk a növény táplálóanyag ellátott-  
ságát és megkíséréljük ezek adatait egymással összehasonlítva értékelni.

### Anyag és módszer

Vizsgálatainkat LÓRINCZ [13] gödöllői kukorica műtrágyázási kísérletén végeztük.

A szabadföldi műtrágyázási kísérlet Pannon üledéken kialakult gödöllői homokos,  
barna erdőtalajon hatszoros ismétléssel volt beállítva. Az alkalmazott kezeléseket és az  
egyes kezeléseknél kapott termésadatokat az 1. táblázat tünteti fel. Vizsgálatainkhoz  
négy ismétlést használtunk fel. A négy ismétlés termésátlagai majdnem azonosak voltak  
a hatszoros ismétlés átlagértékeivel.

Az időjárás a vegetáció alatt kedvezően alakult.

A kísérleti területen először elvégeztük a talajtani alapvizsgálatokat. Meghatá-  
roztuk a talaj pH, humusz és  $\text{CaCO}_3$  tartalmát, valamint a higroszkóposágát. Ezek alap-  
ján tanulmányoztuk a terület homogenitását és eróziós viszonyait.

A tápanyagok abszolút értékeit tekintve a kísérleti terület talaja nitrogénben  
szegény (alacsony humusztartalomnak megfelelően), mérsékelt foszforigényes, kálium-  
mal pedig közepesen ellátott.

A növények táplálóanyag ellátottságának tanulmányozására a következő vizs-  
gálatokat végeztük:

1. A talaj nitrát + ammónia tartalma. Könnyen oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  tartalma Egnér-  
Riehm szerint (meszes szintekben Macsigin szerint), valamint könnyen oldható  $\text{K}_2\text{O}$   
tartalma Nehring szerint.

2. Könnyen oldható táplálóanyagok meghatározására Várallyay érleléses mód-  
szerével.

3. A levelekből kioldható elemi ammónia N, nitrát N, P és K meghatározása Frenyó  
módszerével.

4. A kísérleti terület talaján tenyészedényekben lefolytatott hiánykísérlet elemzése.

5. A kísérleti terület talaján tenyészedényekben nevelt növények transpirációjának vizsgálata Arland módszerével. E módszerek részleteire vonatkozóan utalunk a megfelelő szakirodalomra [1, 2, 4, 8].

Vizsgálatainkhoz két ízben vettünk egyidejűleg növény és talajmintákat. Első mintavételünk június 22-én a kukorica 6–7 leveles korában, a második mintavétel augusztus 19-én csökepzéskor (tejes érés) történt. A mintavételi helyeket pontosan bemértük, s így mindkét minta az egyes parcellák azonos pontjairól származott. A talajmintákat a jellemző pontokon 60 cm mélységig 20 cm-ként vettük. Ugyanekkor a Frenyó-féle vizsgálatokhoz a talajminta-vételi hely közvetlen környékén, megfelelő számú levélkorong mintákat is gyűjtöttünk. A levélkorong mintákat júniusban a középső levelelemet, középső, főérmenti részéről szúrtuk ki. Az augusztusi növénymintákat a cső alatti és feletti levelekből az előzőhöz hasonló módon vettük.

A kísérlet egyik O kezelésű parcellájának felső 20 cm-es rétegéből nagyobb mennyiségű talajmintát gyűjtöttünk tenyészedény kísérletünk céljaira. A talajt alapos átkeverés, homogenizálás után, gondosan kiparafinozott virágscrepekbe töltöttük. A munkát úgy végeztük, hogy minden edénybe 658 g abszolút száraz talaj jutott.

A tenyészedényhez használt talaj  $h_{y1}$  értéke 1,2, Arany-féle kötöttségi szám 27,3, humusztartalma pedig 1,15% volt. A kísérlet feltételei mindenben megfelelőek voltak, legfeljebb a fényviszonyok nem, ugyanis ebben az időszakban (februárban), az nem tekinthető kedvezőnek a kukorica fejlődésére.

A tenyészedényeket viszonylag állandó hőmérsékletű helységben (25–27 °C), D–DK-i fekvésű ablak előtt helyeztük el. E kísérletben nyolcféle kezelést alkalmaztunk, nyolc sorozatban. A nyolc kezelés a következő volt: O, N, P, K, NP, NK, PK, NPK.

Tenyészedény kísérletünkhöz egy cső közepéről származó Mv<sub>5</sub>-ös kukorica szemeteket használtunk, amelyeket desztillált vízben duzzasztva 4 cm mélyen ültettünk el a tenyészedényekbe. Egy edénybe 5 növény jutott. A csírázást egyenletesnek találtuk. A tenyészedények talajának nedvességtartalmát az Arany-féle kötöttségi szám 60%-ára, ill. a számított vízkapacitásig (16%) állítottuk be és naponként mérlegel pótoltuk a vízvesztéséget. A növények kéthetes korától kezdve a nedvességtartalmat 2%-kal növeltük.

### 1. táblázat

A szabadföldi kukorica műtrágyázási kísérlet kezelésenkénti trágyaadagjai és termésadatai

(1) Kezelések jelzése	(2) Pétisó	(3) Szuper- foszfát	(4) 40%-os kálió	(5) Istálló- trágya	(6) Csőtermés	(7) Májusi morzsolt	(8) Ezer szem- súly g	(9) Hektoliter súly kg
	kg/kh				g/kh			
0	—	—	—	150	23,8	14,3	191	73,6
1	150	75	75	150	44,3	26,5	206	73,7
2	200	100	100	150	56,3	33,7	254	74,9
3	300	150	150	150	68,0	40,8	255	75,7

A tenyészedények trágyázását a kikeléstől számított 5. napon végeztük el. Nitrogénből 1,64-szer, foszforból és káliumból kétszer annyi táplálóanyagot juttattunk a tenyészedényekbe, mint amennyit a Lörincz-féle szabadföldi kísérlet 3. kezelése kapott. Az egyes műtrágyaadagok nagysága tehát a következő volt:

N 6,9 mg N g talaj P 3,64 mg /100P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g talaj K 6,84 mg K<sub>2</sub>O/100 g talaj

A táplálóanyagokat megfelelő összetételű oldatok segítségével juttattuk a növényekhez. Az oldatok készítéséhez kalciumnitrátot és káliumnitrátot, nátriumfoszfátot és káliumfoszfátot, valamint káliumkloridot használtunk.

A tenyészedényekben megfigyeltük a kukoricánövénykéek fejlődését az egyes kezelésekre hatására. A kísérleti növényeket négyleveles korban elemzés alá vettük. Négy sorozatot használtunk fel a Frenyó-féle táplálóanyag meghatározásához, négy sorozatot pedig az Arland-féle transpiráció mérésekhez. Közben elvégeztük a tenyészedények talajának Várallyay-féle érlelését.

## Kísérleti eredmények

A szabadföldi kísérlet eredménye azt mutatta, hogy az adott talajon a növekvő mennyiségben alkalmazott, azonos táplálóanyag arányú (2 : 1 : 1 pétisó — szuperfoszfát — 40%-os kálisó-arány) műtrágyázás tekintélyes termés-többletet okozott. E terméstöbblet egyes tényezőinek elemzésére az előzőkben ismertetett módszereket alkalmaztuk.

1. A 2. táblázatban ismertetjük a szabadföldi kísérlet talajának alapvizsgálati adatait és a kezelések átlagterméseit, a vizsgált négy ismétlés átlagában. Meg kell jegyeznünk, hogy a kísérlet későbbi kibővítési lehetősége miatt két O (helyesebben csak istállótrágyázott) kezelés szerepelt, ezért láthatunk a 2. táblázatban  $O_1$  és  $O_2$  jelzést.

Amint a táblázatból látható, az egyes parcellák humusztartalma alacsony és az erodáltságtól függően eléggé változó. Korrelációs számításaink szerint nem kaptunk szignifikáns összefüggést az egyes kezeléseken belül a parcellák humusztartalma és termése között. A terméseredményekből ítélve valószínű, hogy az eróziós viszonyok nem befolyásolták azokat.

2. táblázat

A szabadföldi kísérlet talajának alapvizsgálati adatai, valamint az egyes kezeléseknél kapott átlagtermések

(1) Talajminta mélysége, cm	(2) Kezelés száma	pH ( $H_2O$ )	(3) Humusz %	$h_2i$	$CaCO_3$ %	(4) Csőtermés q/kh
0—20 20—40 40—60	$O_1$	7,64—8,21 7,79—8,21 7,74—8,34	1,13—1,67 0,70—0,96 0,00—0,48	1,38—2,02 1,75—2,55 1,92—3,46	0,00—0,15 0,00—5,50 0,00—32,9	24,47 0,00—5,50 $\pm 1,5$
0—20 20—40 40—60	1	5,10—7,73 7,56—7,98 7,48—8,09	1,00—1,30 0,32—1,02 0,18—0,98	1,25—2,04 1,13—2,33 0,92—1,60	0,00—0,04 0,00—1,71 0,00—19,74	46,42 0,00—1,71 $\pm 1,83$
0—20 20—40 40—60	2	7,22—7,98 7,24—8,08 7,24—8,26	0,95—1,81 0,62—0,84 0,00—0,15	1,75—1,85 1,59—2,45 1,50—2,02	0,00—2,28 0,00—20,3 0,00—27,03	57,01 0,00—20,3 $\pm 3,54$
0—20 20—40 40—60	$O_2$	7,88—8,25 7,53—8,43 7,69—8,51	0,56—1,24 0,40—0,82 0,32—0,48	1,20—1,68 1,19—1,90 1,49—2,08	0,10—10,30 0,04—29,18 0,00—41,63	23,96 0,04—29,18 $\pm 5,23$
0—20 20—40 40—60	3	5,49—7,56 6,35—7,92 6,00—8,25	1,20—1,50 0,60—1,10 0,38—0,69	1,14—1,66 1,28—1,99 1,27—2,03	0,00—0,06 0,00—3,85 0,00—21,84	68,10 0,00—3,85 $\pm 1,30$

2. Megvizsgáltuk a szabadföldi kísérlet különböző módon műtrágyázott parcelláinak  $NO_3 + NH_4$  tartalmát, könnyen oldható foszfor értékeit és könnyen oldható kálium értékét. Helyszűke miatt csupán a O parcellák átlagos tápanyagtartalmát ismertetjük.

A kapott eredményeket a 3. táblázatban foglaltuk össze. E táblázatban feltüntettük még a tápanyagoknak a terméssel való összevetésekor kapott korrelációs koefficienseket is.

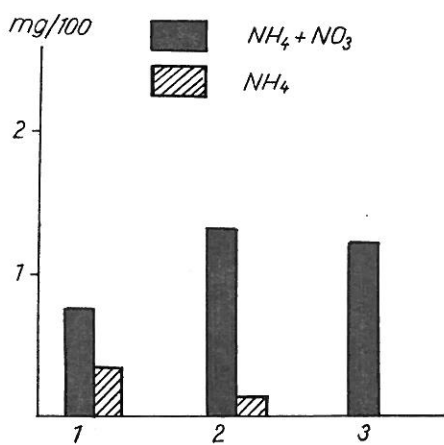
## 3. táblázat

A szabadföldi kísérlet 0 parcellái könnyen oldható tápanyagainak átlagértékei mg/100 g talaj, valamint a különböző kezelések talajának átlagos tápanyagtartalma és a csótermés nagysága közötti korrelációs koefficiens

(1) Talajminta mélysége cm	(2) Júniusi mintavétel			(3) Augusztusi mintavétel		
	(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> ) - N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + NO <sub>3</sub> ) - N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0—20	0,51	5,75	9,50	0,20	4,01	12,39
20—40	0,64	1,27	6,00	0,32	2,87	10,4
40—60	0,48	0,35	4,25	0,25	0,55	6,95
Korrelációs koefficiens	r = 0,60	r = 0,65	r = 0,52	r = 0,24	r = 0,02	r = 0,49

A különböző módon trágyázott parcellák könnyen oldható táplálóanyag-tartalma és az elért termés nagysága között szignifikáns korrelációt nem találunk.

A tenyészedények talajának Várallyay-féle érlelési eredményeiből (1. és 2. ábra) kiderül, hogy a trágyázatlanul érlelt talaj könnyen oldható nitrogéntartalma erősen alatta marad a Várallyay által előírt 4 mg/100 g talajértéknek (csak 1,23 mg/100 g talaj). Ez elég nagyfokú nitrogén hiányt jelent. Az Egnér érték 6 mg/100 g talaj, a Nehring értékck pedig 7,5 mg/100 g talaj értékénél magasabbak. Ha tehát ezeket az adatokat a szokott határértékek alapján értékeljük, sem várható foszfor hatásra, sem várható káli hatásra nem lehet következtetni. (Meggjegyezzük, hogy a szabadföldi kísérlet talajmintái valamivel alacsonyabb foszfor értéket mutattak 5,7 mg/100 g talaj.)



1. ábra

Várallyay-féle talajérlelések eredményei. Tenyészedény kísérlet. 1: Eredeti száraz talaj. 2: Trágyázottan érlelt. 3: Vizesen érlelt

Ha megnézzük, hogy 2 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O/100grammnyilaboratóriumi trágyázás hány százalékkal emeli a talaj eredeti P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, illetve K<sub>2</sub>O értékét, akkor azt láthatjuk, hogy ez a növekedés foszfor esetében meghaladja a 20%-ot (26,6%). Kálium esetében pedig a 10%-ot (15,7%). Várallyay-féle érleléses módszerek alapján tehát a vizsgált talajon határozott foszforhatás és valamivel kisebb mértékű káliumhatás várható.

3. Megvizsgáltuk a tápanyag ellátottságot, Frenyó módszerével is. Amód-szer lényege abban áll, hogy a szokásos roncsoló módszerek helyett a növényrészek szervesetlen NPK-tartalmát elemzi, mert ez jelenti azt a készletet, amely a szintézisek alapjául szolgálhat. A szervesetlen tápanyagkészlet jelenléte pl.: a levelekben azt bizonyítja, hogy az adott pillanatban a táplálóanyag fel-

vétel mértéke meghaladja ezekből az anyagokból a növény szükségletét. Mennél több szervetlen táplálóanyag oldható ki, annál jobban van ellátva adott pillanatban a növény.

Vizsgálataink alapján összefüggést kerestünk a Frenyó módszerével kioldott táplálóanyagok és a csötermés mennyisége között. A kezelésenként négy ismétlés átlagában kioldott tápanyagokat a 4. táblázatban ismertetjük. Az összefüggésre vonatkozólag korrelációs számításokat végeztünk. Nitrát a növényekből sem az első sem a második vizsgálatkor nem volt kimutatható.

4. táblázat

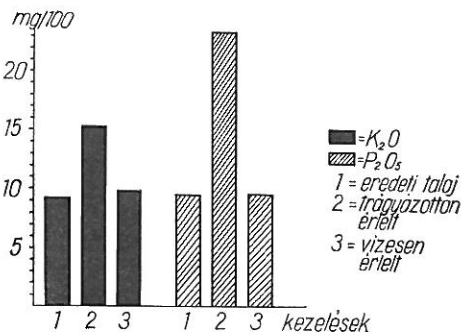
Növényekből Frenyó-módszerrel kioldott szervetlen táplálóanyagok kezelésenként a légszáraz levél  $\%$ -ában és a korrelációs koeficiensek

(1) Kezelések jelzése	(2) Júniusi mintavételek			(3) Augusztusi mintavételek		
	$\text{NH}_4\text{-N}$	P	K	$\text{NH}_4\text{-N}$	P	K
0 <sub>1</sub>	0,195	0,14	2,30	0,195	0,052	1,32
0 <sub>2</sub>	0,153	0,082	1,87	0,156	0,059	1,43
1	0,156	0,10	1,44	0,097	0,113	1,78
2	0,153	0,10	1,81	0,077	0,134	2,07
3	0,234	0,14	2,30	0,126	0,135	2,01
Korrelációs koeficiens	$r = 0,33$	$r = 0,05$	$r = 0,02$	$r = -0,75$	$r = 0,97^{**}$	$r = 0,58$

$^{**} P = 1\%$

Az első mintavételnél szignifikáns korrelációkat nem kaptunk, a második mintavételnél is csupán a levelekből kioldott foszfor mutatott szignifikáns korrelációt, ami valószínűleg azzal magyarázható, hogy az érés idején a foszfor nagyobb szerephez jutott, mint az első mintavétel esetében.

Feltűnő a levél ammóniatartalma és a termésmennyiségek közötti negatív korreláció. Az ammónia valószínűleg anyagcsere zavarok miatt halmozódott fel a trágyázatlan kezeléseknél. Megjegyezzük, hogy az ammónia esetében csak azért nem kaptunk szignifikáns negatív korrelációt, mert a 3. kezelés (legnagyobb műtrágya adag) levélmintái magasabb ammóniaszintet mutattak, mint az első és második kezelés. Itt azonban a magasabb ammóniaszint nem anyagcsere forgalmi zavarból adódott hanem abból, hogy e kezelés növényei nitrogénnel jobban el voltak látva.



2. ábra  
Várallyay-féle talajérlelések eredményei.  
Tenyészedény kísérlet

4. A szabadföldi kísérletek kiegészítéseként a továbbiakban ismertetjük tenyészedény kísérletünk eredményeit. E tápanyaghiány kísérlettel az volt a célunk, hogy a tápanyagellátottságot pontosabb körülmények között is megvizsgálhassuk.

A hiánytünetek a növények két hetes korában már szembetűnően kifejlődtek és főképpen a nitrogénhiányra voltak jellemzőek. A különféle kezelések hatására a különbségek jól kifejlődtek.

A növények morfológiai képe azt mutatta, hogy a nitrogén pozitív hatása igen kifejezett, amiből a talajok fokozott nitrogénigényére lehet következtetni. A kukorica növények a tápanyagarányok eltolódására igen élesen reagáltak. Így pl. az egyoldalú foszfor- és kálitrágyázás hatására a kontrolhoz képest a növények gyengébben fejlődtek. A foszfor és káli nitrogén nélküli együttes alkalmazása még gyengébb fejlődést eredményezett. E kezelésekben a tápanyagarány eltolódásával nyilvánvalóan a nitrogénhiányt fokoztuk.

Megállapítható az is, hogy a nitrogéntrágyával a táplálóanyag arányát helyes irányba toltuk el. Kitűnik azonban, hogy morfológiailag legszebb állományt a teljes trágyázással értük el.

Tenyészedény kísérletünket szórás elemzés segítségével is feldolgoztuk.

Az egyes kezelések átlagterméseit az 5. táblázatban tüntettük fel. (Megjegyezzük, hogy termés alatt a növények zöld súlyát kell érteni.) E táblázatból kitűnik, hogy e kezelések közül csak a N-nek volt szignifikáns hatása.

Megvizsgáltuk az egyes kezelések átlagos hatását és kölcsönhatását is. Az erre vonatkozó számításokat lineáris ortogonális transzformációval végeztük [14]. A kezelésösszegekből számított átlaghatások és kölcsönhatások számszerű eredményét az 5. táblázatban ismertetjük.

Mint e táblázatból kitűnik a N átlagos hatása  $P = 0,1$  szinten szignifikáns, a foszfor és káli átlaghatásai, valamint az egyes kölcsönhatások viszont nem szignifikánsak.

5. táblázat

A kezelések terméseredményei, továbbá a kezelésösszegekből számított átlaghatások és kölcsönhatások

(1) Kezelések	(2) Termés zoldsúlya g/edény	(3) Kezelések termésösszegei g	(4) Átlaghatás és kölcsönhatás
O	3,66	—	—
N	4,94	19,78	6,76***
P	3,29	13,19	0,20
NP	5,16	20,65	0,59
K	3,46	13,85	0,32
NK	5,20	21,06	0,47
PK	3,42	13,70	0,08
NPK	5,24	20,90	0,56
SZD <sub>3</sub> %	0,63		

\*\*\*  $P = 0,1\%$

5. A tenyészedények növényeinél is alkalmaztuk a Frenyó-féle vizsgálati módszert. Megvizsgáltuk, hogy milyen összefüggés van a levelekből kioldott tápanyagtartalom és a növények zöld termése között. A kioldott tápanyagmennyiségeket 6. táblázatban foglaltuk össze.

Az összefüggések megállapítására itt is elvégeztük a megfelelő korreláció számításokat. A korrelációs koefficienseket a 7. táblázatban közöljük.

Ellentétben a szabadföldi kísérletek vizsgálati adataival, itt a nitrogén-nel trágyázott kezeléseknél sikerült nitrátot kimutatni. A 7. táblázatból jól

kitűnik, hogy a talajon a helyes tápanyagarány kialakítása szempontjából a nitrogénnek döntő szerepe van. A levelekből kioldott  $\text{NO}_3$  tartalom és a növénykéek föld feletti részének friss súlya között szignifikáns pozitív korreláció jelentkezik. Kitűnik ugyanakkor, hogy a foszfor és a káli kioldott mennyiségei nem mutatnak szignifikáns összefüggést a terméssel.

Minthogy kétváltozós kapcsolatok a természetben szigorúan véve csak ritkán találhatók, feltehető, hogy fenti esetünkben is élethűbb képet kapunk két változó kapcsolatára, ha a vizsgált tényezők kölcsönös kapcsolatát is tanulmányozzuk. Ennek érdekében kiszámítottuk a három, illetve négyváltozós parciális korrelációs együtthatókat, valamint a totális korrelációs koefficienseket [6, 7, 18].

6. táblázat

A levelekből kioldott tápanyagmennyiség a légszáraz levél  $\%$ -ában 4 sorozat átlagában

(1) Kezelések jelzése	$\text{NH}_4^+-\text{N}$	$\text{NO}_3-\text{N}$	P	K
O	0,312	0,010	0,560	2,760
N	0,312	0,688	0,385	2,760
P	0,312	0,010	0,560	3,795
NP	0,312	0,860	0,666	2,760
K	0,292	0,010	0,560	4,370
NK	0,331	0,860	0,575	4,370
PK	0,331	0,010	0,560	4,370
NPK	0,312	0,860	0,560	4,025

A vizsgált tényezőinket, vagyis a levelekből kioldható nitrát-, foszfor- és káli-, valamint a növények zöld termésúlyát, e sorrendnek megfelelően 1, 2, 3, 4 index-szel jelöltük.

Ily módon a  $r_{12,34}$  parciális korrelációs koefficiens azt mutatja meg, hogy milyen lesz a  $r_{12}$  értéke, ha a 3. és 4. tényező hatását konstansá tesszük.

7. táblázat

A levelekből kioldott nitrát, foszfor, káli és a termés, valamint e tápanyagok egymás közötti korrelációjának egyszerű, parciális és totális koefficiensei

(1) Egyszerű korrelációs koefficiensek	(2) Parciális korrelációs koefficiensek		(3) Totális korrelációs koefficiensek	
$r_{12} = 0,05$	$r_{12,3} = 0,07$	$r_{14,23} = 0,99***$	$R_{4,12} = 0,99***$	$R_{4,123} = 0,99***$
$r_{13} = -0,19$	$r_{13,2} = -0,20$	$r_{24,13} = -0,42$	$R_{4,13} = 0,99***$	
$r_{14} = 0,99***$	$r_{14,2} = 0,99***$	$r_{34,12} = -0,15$	$R_{4,23} = 0,22$	
$r_{23} = 0,16$	$r_{14,3} = 0,99***$		$R_{1,23} = 0,20$	
$r_{24} = -0,018$	$r_{23,1} = 0,17$		$R_{2,13} = 0,17$	
$r_{34} = -0,226$	$r_{24,1} = -0,47$		$R_{3,12} = 0,25$	
	$r_{24,3} = 0,01$			
	$r_{34,1} = -0,27$			
	$r_{34,2} = -0,22$			

\*\*\*  $P = 0,1\%$



Számításaink eredményeit ugyancsak a 7. táblázatban foglaltuk össze.

A totális korrelációs koefficiensek arról adnak felvilágosítást, hogy a függetleneknek tekintett változók összhatásukban milyen szoros kapcsolatban vannak a tőlük függő további változóval.

A táblázatból kiderül, hogy a levelekből kioldott nitráttartalom és a termésmennyiség között a többi tényezőtől függetlenül igen szoros kapcsolat áll fenn. Figyelemre méltó ugyanakkor, hogy  $r_{24}$  parciálisan az 1-es kikapcsolásával, negatív irányban sokkal kifejezettebb és ha nem is szignifikáns, arra enged következtetni, hogy a levelek nitráttartalma befolyásolja a  $r_{24}$  értékét. Más szóval valószínű, hogy mennél jobban van ellátva a növény nitráttal, annál gyorsabban épül be szerves kötésbe a foszfor. A totális korrelációs együtthatók szintén a nitrogén döntő hatását hangsúlyozzák. Mint látható, a táblázatban közöltük még a kioldott tápanyagok egymás közötti összefüggéseit is. Azt is láthatjuk, hogy ezek korántsem szignifikánsak.

A fentebbi korrelációkat úgy kaptuk, hogy az értékpárok felírásánál figyelembe vettük valamennyi kezelést.

Továbbiakban érdekesnek láttuk megvizsgálni, hogy milyen kapcsolat van az értékpárok között abban az esetben, amikor csupán azokat a kezeléseket vesszük figyelembe, amelyekben a tápanyagok arányát a nitrogén javára, illetve rovására legjobban eltoltuk. E kezelések a következők voltak: N, P, K, PK. Annak érdekében, hogy itteni számításainkat nagyobb szabadságfok mellett végezhesük, itt nem a négy sorozat átlagadatait, hanem a két-két sorozat átlagadatait használtuk fel. Ezeket az átlagadatokat a 8. táblázatban tüntettük fel. Így végzett számításaink eredményét a 9. táblázatban ismertetjük

8. táblázat

A levelekből kioldott táplálóanyagok mennyiségei, kezelésként a légszáraz levél %-ában, 2—2 sorozat átlagában

(1) Kezelések jelzése	NO <sub>3</sub> -N	P	K	(2) Zöld termésátlag g
N	0,688	0,35	2,76	4,99
N	0,688	0,42	2,76	4,90
P	0,010	0,56	3,45	3,26
P	0,010	0,56	4,14	3,33
K	0,010	0,56	4,60	3,32
K	0,010	0,56	4,14	3,60
PK	0,010	0,56	4,14	3,15
PK	0,010	0,56	4,60	3,70

Mint a táblázatból látható, a korábbiaknál jóval bonyolultabb kép tárul elénk. Kiderül, hogy torzult tápanyagarányok mellett a tényezők kölcsönös kapcsolatai nagymértékben befolyásolják a kétváltozós kapcsolatokat. Ugyanakkor az egyszerű korrelációs együtthatók valamennyi esetben szignifikánsak és igen szoros kapcsolatokat jeleznek. Másként alakul a kép, ha a parciális korrelációkat is nézzük.

Így pl.: az  $r_{14}$  (a levelekből kioldott nitráttartalom és a termés mennyisége közötti egyszerű korreláció) értéke igen magasan szignifikáns, ha azonban a foszfor hatását konstanssá tesszük, akkor ez az összefüggés már jóval gyengébb lesz. Ami valószínűleg azzal magyarázható, hogy a nitrogéntrágyázás hatására beálló termésmenővekedés nagyrészt annak köszönhető, hogy ilyenkor



a foszfor nagyobb mértékben és gyorsabban képes beépülni szerves kötésbe, egyszóval a foszfor jobban érvényesül.

Továbbiakban ha megvizsgáljuk az  $r_{24}$  (a levelekből kioldott szerves foszfor és a termés mennyisége közötti korreláció) értékét, ugyancsak kiderül, hogy ez nagymértékben függ a növénykének nitrát ellátottságától.

Az  $r_{34}$  (a levelekből kioldott kálium és a termés közötti korreláció) vizsgálatánál némileg másképp áll a helyzet. Mint ismeretes [16, 17] a káli a növényekben igen labilis kötésben van, és vízzel gyakorlatilag teljesen kioldható. Ilyen módon itt inkább arra lehet gondolni, hogy abban az esetben, amikor a tápanyagok arányát a nitrogén javára erőteljesebben eltoljuk, úgy a kálifelvétel mértéke csökken. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy amikor nitrogénhiány következtében a foszfor kisebb mértékben épül be, akkor a növények kálifelvétele intenzívebb. Ha visszapillantunk a 6. táblázatra, akkor megfigyelhetjük még, hogy a növények bizonyos fokig passzívan is vesznek fel káliumot. Itt ugyanis a O-kezelés talajának kisebb kálitartalma mellett a növények kevesebb káliumot, a K-kezelés talajainak nagyobb kálitartalma mellett pedig több káliumot vettek fel. A passzív káli felvétel eléggé bonyolítja a képet és valószínű, hogy ennek köszönhető az, hogy abban az esetben amikor valamennyi kezelést számításba vettük, nem kaptunk összefüggést a kioldott kálium mennyisége, valamint a termés mennyisége között.

Végeredményben úgy látszik, hogy a levelekből kioldható kálium mennyisége egyrészt a növény nitrogén- és foszfortartalmának, másrészt a talaj káliumtartalmának is függvénye.

#### 9. táblázat

**A levelekből kioldott nitrát, foszfor, káli és a termés, valamint a tápanyagok egymás közötti korrelációjának egyszerű, parciális és totális koeficiensei, kiválasztott kezelések esetén**

(1) Egyszerű korrelációs koeficiensek	(2) Parciális korrelációs koeficiensek	(3) Totális korrelációs koeficiensek
$r_{12} = -0,97^{***}$ $r_{13} = -0,87^{**}$ $r_{14} = 0,97^{***}$ $r_{23} = -0,95^{***}$ $r_{24} = -0,95^{***}$ $r_{34} = -0,80^*$	$r_{12'3} = -0,88^{**}$ $r_{13'2} = -0,35$ $r_{14'2} = 0,64$ $r_{14'3} = 0,92^{**}$ $r_{23'1} = 0,05$ $r_{24'1} = -0,48$ $r_{24'3} = -0,85^{**}$ $r_{34'1} = 0,36$ $r_{34'2} = 0,04$	$r_{14'23} = 0,68$ $r_{24'13} = -0,32$ $r_{34'12} = 0,36$ $R_{4'12} = 0,97^{***}$ $R_{4'13} = 0,97^{***}$ $R_{4'23} = 0,95^{**}$ $R_{1'23} = 0,97^{***}$ $R_{2'13} = 0,96^{***}$ $R_{3'12} = 0,87^{**}$
		$R_{4'123} = 0,98^{***}$

\*\*\*P = 0.1 %, \*\*P = 1 %, \*P = 5 %

Vizsgálataink folyamán minket főleg azok a kapcsolatok érdekeltek, melyek a levelekből kioldható szerves táplálóanyagok és a termés mennyisége között állnak fenn. Számításaink folyamán azonban ki kellett számítani azokat a kapcsolatokat is, amelyek a levelekből kioldható egyes tápanyagtartalmak között jelentkeznek. Fenti táblázatokban (7. és 9. táblázat), ezeket a korrelációkat is közöljük. Amint a táblázatból látható, ezek a korrelációk is több tényezőtől függenek.

Abban az esetben, amikor csak azokat a kezeléseket vettük számításba, amelyekben a táplálóanyagok arányát a nitrogén javára, illetve rovására legjobban eltoltuk, úgy ezek a korrelációk pozitív vagy negatív irányban nagy-

mértékben szignifikánsak. A parciális korrelációk megtekintésekor azonban kitűnik, hogy az  $r_{12}$  kivételével az értékpárok közötti egyszerű korreláció valamennyi tényező kölcsönös kapcsolataként jelentkeznék.

Abban az esetben, amikor valamennyi kezelést számításba vettük (tehát azokat is, amelyekben a nitrogén javára, illetve rovására kevésbé töltük el a táplálóanyagok arányát), úgy ezek az egyszerű korrelációk ( $r_{12}$ ,  $r_{13}$ ,  $r_{23}$ ) már teljesen megbízhatatlanok.

6. Továbbiakban megvizsgáltuk a növényekből Frenyó módszerével kioldott táplálóanyagok és a talaj könnyen oldható tápanyagtartalma közötti összefüggést. Megjegyezzük, hogy a talaj könnyen oldható táplálóanyagait a szokástól eltérően úgy vettük számításba, hogy a tenyészedények megtöltésére használt talaj átlagos tápanyagaihoz hozzáadtuk a trágyával adagolt táplálóanyag tartalmakat. Az egyes kezeléseknél így nyert tápanyag mennyiségeket, valamint

10. táblázat

**A tenyészedények talajának könnyen oldható táplálóanyag tartalma (mg/100 g talaj) és ennek korrelációja a levelekből kioldott tápanyagokkal**

(1) Kezelések jelzése	$(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-) - \text{N}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
O	1,07	9,4	9,21
N	7,97	9,4	9,21
P	1,07	12,44	9,21
K	1,07	9,4	16,05
NP	7,97	12,44	9,21
NK	7,97	9,4	16,05
PK	1,07	12,44	16,05
NPK	7,97	12,44	16,05
	*r = 0,21	r = 0,46	r = 0,88**
	**r = 0,99***		

\* = a levelekből kioldott  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  korrelációs koefficiense

\*\* = a levelekből kioldott  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  korrelációs koefficiense

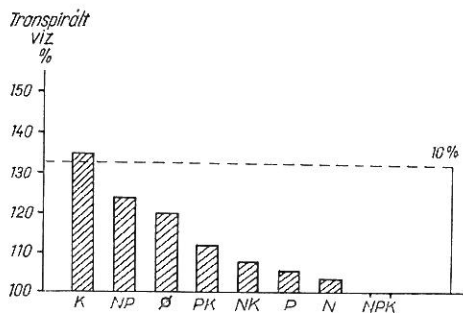
\*\*\* P = 0,1% \*\*P = 1%

e tápanyagoknak a növényekből kioldott kezelésenkénti tápanyagokkal mutatott korrelációi, illetve korrelációs koefficienseit a 10. táblázatban ismertetjük.

Mint látható a nitrát és kálium esetében teljesen szignifikánsak az összefüggések.

7. Továbbiakban megvizsgáltuk az egyes kezelések növényeinek transpirációját Arland módszerével. Ezekhez a mérésekhez a fennmaradt négy sorozat növényeit használtuk. A transpirációt eredeti Arland-készülék segítségével végeztük, amit Márton Géza egyetemi docens volt szíves rendelkezésünkre bocsátani. Az eredményeket a 3. ábrán szemléltetjük:

A módszer hipotézise szerint azok a növények transpirálnak legkeveseb-



3. ábra

A különböző kezelésű növények transpirációjának mérés eredményei

bet egységnyi száraz anyagra, amelyek tápanyagokkal legkedvezőbben vannak ellátva. Az ábrán szaggatott vonallal jeleztük a 10%-os szignifikancia határát. Mint kitűnik, csupán az egyoldalú kálitrágyázás hatására lépett fel „szignifikáns” transpiráció növekedés az NPK-kezeléshez képest. Ha a szignifikanciától függetlenül nézzük a rangsort, megállapíthatjuk, hogy az így nyert kép nem mutatja teljesen azt, ami a tenyészedényekben fejlődő növényekké morfológiai képe és az egyéb vizsgálatok képe után várható.

8. Mindezek után kezelésként mind a nyolc sorozatban kimostuk a tenyészedényekből a kukoricánövények gyökérzetét és megvizsgáltuk milyen összefüggés áll fenn a föld feletti zöld termés és a száraz gyökérsúly viszony-száma, valamint a zöld termés között. Az eredmények alapján igen szignifikáns (0,1%-on belüli) korrelációt kaptunk. Annak szemléltetésére, hogy milyen esetekben kaptunk kisebb vagy nagyobb gyökérmennyiséget a 11. táblázatban — 100 növényre számítva — feltüntetjük a kezeléskénti gyökérmennyiségeket, valamint a föld feletti részek mennyiségeit. A táblázatban 8 sorozat átlagát ismertetjük.

11. táblázat

**Kezeléskénti gyökérmennyiségek, valamint a föld feletti részek mennyiségei**

(1) Kezelések jelzése	(2) 100 növény zoldsúlya g (föld feletti rész)	(3) 100 növény gyökértermése szárazsúlya g	(4) 100 növény zoldsúlya g 100 növény száraz gyökér- súlya g
N	100,70	13,00	7,74
P	66,65	14,75	4,51
K	69,52	15,30	4,54
NP	99,62	13,37	7,45
NK	102,67	12,27	8,36
PK	68,65	15,87	4,32
NPK	102,45	12,82	7,99
O	69,30	15,25	4,54

Amint a táblázatból látható, a növények azokban az esetekben fejlesztek viszonylag több gyökeret, amikor tápanyagellátottságuk rosszabb volt. A növények ilyenformán aktívan reagálnak a külső környezet változásaira. A táblázatban feltüntetjük még a száraz gyökér egységnyi súlyára jutó föld feletti zöld termés mennyiségét is. Mint látható ez az érték a nitrogén ellátottságától jelentős mértékben függ.

#### Az eredmények értékelése és következtetések

Szabadföldi kísérletek eredményeiből az tűnt ki, hogy az alkalmazott metodikával a talaj könnyen oldható táplálóanyagkészlete és az elért termés nagysága között megbízható korrelációkat nem lehetett találni [5]. Ugyanakkor a műtrágyázás hatására igen jelentős termésnövekedést figyelhattunk meg. Bár számításainkhoz felhasznált adataink kis száma folytán határozottan nem állíthatjuk, azonban valószínűnek tartjuk, hogy a talaj könnyen oldható tápanyagának meghatározási módszerei nem elég érzékenyek ahhoz, hogy velük a talaj tápanyagállapotának műtrágyázás hatására bekövetkező változásait ki lehetne mutatni.

Egyes irodalmi adatok szerint [19] némileg más metodikával, szintén nem találtak a talaj tápanyagtartalma és a termés nagysága között összefüggést. A júniusi mintavétel adataiból kitűnik, hogy a különbözőképpen műtrágyázott és ennek hatására lényeges terméskülönbséget mutató parcellák talajának könnyen oldható tápanyagtartalma közel azonos szinten mozgott. Sőt a 2. kezelés talajának könnyen oldható tápanyagtartalma még alacsonyabb is volt, mint a  $O_1$  parcelláé. Ha összevetjük a  $O_1$  és 2. kezelés adatait, kitűnik, hogy míg a 2. kezeléshez viszonyítva a  $O_1$  kezelés talajából 48,4 kg 25%-os pétisonak, 114,1 kg szuperfoszfátnak és 257,7 kg 40%-os kálisónak megfelelő többlet tápanyag volt kioldható, addig a  $O_1$  kezelés mellett csak körülbelül félfannyi termést kaptunk, mint a 2. kezelésnél. Ez ellentmondásból arra következtetünk, hogy a szokásos módszerekkel kapott könnyen oldható tápanyagok mennyiségét nem használhatjuk a növények tápanyagellátottságának jellemzésére.

Kezeletlen parcellák termésalakulása és a talaj könnyen felvehető tápanyagtartalma közötti összefüggésekkel a hazai szakirodalomban KERESZTÉNY egyik munkája foglalkozik [10]. Korrelációs számítások alapján arra a következtetésre jut, hogy „általánosan minél nagyobb valamely talaj táplálóanyag-tartalma, annál nagyobb a kezeletlen parcella termése”. Ezzel a következtetéssel nem tudunk teljesen egyetérteni, mert számításaiból világosan kitűnik, hogy egy-egy talajtípuson belül ezek a korrelációk egyetlen esetben sem adnak statisztikailag megbízható értéket. A talajtípustól függetlenül elvégzett számításainál kapott néhány megbízható érték pedig nyilván magában hordozza a talajtípusok nagyobb minőségi különbségeit is.

Rá szeretnénk mutatni arra is, hogy a talaj egyes tápanyagai és a termés nagysága közötti korrelációk hiánya [5] nem pusztán a módszerek ki nem elégítő érzékenységeiben rejlik. Ilyen korrelációkat véleményünk szerint csak akkor lehetne várni, ha a korlátlan termésemelkedés lehetőségének Viljamsz-i törvénye értelmében valamennyi terméstényezőt egyidejűen és kedvező arányban növelnénk.

Igaz, hogy egy-egy termésképző tényező növelésével is érhetünk el — ha nem is korlátlan — termésnövekedést. Ez azonban csak akkor következik be, ha a többi tényezők szintjeihez viszonyítva ennek a termésképző tényezőnek a növekedése a növények számára a tényezők kedvezőbb arányait hozza létre. Olyankor viszont, amikor csak egy-egy vagy néhány terméstényezőt növelünk, a termés nagysága az optimum-görbe szerint alakul [20]. Ebből következik, hogy ha olyan terméstényezőt növelünk, amely a görbe optimumpontjához közel van vagy azon túl van, úgy a termés növekedése jelentéktelen vagy depresszió is lehetséges. Ha viszont olyan tápanyag mennyiségét növeljük, amely a görbe kiinduló pontjához közel van, akkor rohamos termésnövekedést kaphatunk. Ezzel is magyarázhatjuk azt a gyakorlati tényt, hogy adott műtrágya az egyik esetben hat, másik esetben hatástalan, sőt termés-csökkenést okoz [3, 12, 21]. Ennek lényegét véleményünk szerint az sem változtatja meg, hogy egyes esetekben, pl. erősen savanyú talajokon, a vas és alumínium felvehetetlen formában lekötí a talaj foszfáttartalmát. Ilyenkor a növények kétségtelenül foszforhiányban szenvednek, mégis foszfortrágyázás hatására csak nehezen vagy egyáltalán nem lehet termésjavulást elérni. Ha azonban az ilyen talajokat meszezéssel megjavítjuk, úgy a foszfortrágya hatása is fentieknek megfelelően alakul.

A határértékes módszereket általában értékelve úgy látjuk, hogy ezek a módszerek határértékként lényegében véve olyan értékeket kívánnak megjelölni, amelyek a termésgörbe optimumpontjának felelnek meg. A határértékeknek ilyen megállapítása azonban figyelmen kívül hagyja a terméstényezők, valamint az élő szervezet kölcsönös kapcsolatait. Véleményünk szerint a határértékek alapján adott trágyázási szakvéleménynek nincsen megfelelő tudományos alapja. A termésgörbe optimumpontjával kapcsolatban Viljámsz leszögezi, hogy „Ez a pont igen tág határok között mozoghat, 10%-tól 100%-ig, vagyis az egész abszcissza hosszában.” Világosan következik tehát, hogy növényenként, a növényfejlődés fázisa és valamennyi terméstényező különféle szintjeinek megfelelően ez az optimum-pont másképp és másképp alakulhat. Az a tény, hogy kísérletünk esetében a tápanyagigények megítélése a határértékek alapján is reálisnak bizonyult, véleményünk szerint nem általánosítható és nem érinti fentebb kifejtett elgondolásainkat.

A Várallyay-féle érleléses vizsgálatokkal kapcsolatban rámutattunk arra, hogy a műtrágyával érlelt talajokban nagymértékben megnövekedett a könnyen oldható foszfor és kálium mennyisége. Ennek alapján tekintélyes foszfor- és káliumhatást lehetett volna remélni. Kísérleteink eredményei azonban ezt nem igazolták (legalábbis a kukorica négyleveles koráig). E módszer hibája véleményünk szerint ugyanott rejlik, mint a határértékes módszereké. Frenyó módszerének alapgondolatában értékesnek tartjuk azt, hogy nem állítja kizárólagosan, hogy a növény el van látva egy-egy táplálóanyaggal olyan esetben, amikor a táplálóanyag szerves formája bőven kioldható a növényből. A módszer helyes alapgondolatát figyelembe véve remélhetőnek tartjuk, hogy segítségével értékes támpontokat kaphatunk a táplálóanyagok kölcsönhatásainak megítélésére. A módszer gyakorlati alkalmazására vonatkozóan még korainak tartjuk végleges következtetéseket levonni. Kísérleteink adatai is azt mutatják, hogy e módszer alkalmazásának még sok nyitott kérdése van. Valószínűleg szerzője is tovább fejlesztette már e módszert annak ismertetése óta.

Az Arland-féle transpiráció-mérés módszerével vizsgálataink körülményei között nem kaptunk reális eredményeket. E módszer dialektikus elemzése céljából még további tanulmányozásra van szükség.

Érdekes összefüggést találtunk a kukoricanövények zöld termésének és a gyökérmennyiségek viszonya, valamint a táplálóanyagokkal való ellátottság között. Tenyészedény kísérletünkknél azt tapasztaltuk, hogy valamely tápanyag hiánya esetén a növények gyökérzete jobban fejlődött a föld feletti részek rovására. Így a növény aktívan reagált a külső környezet megváltozott viszonyaira. Azok a tapasztalatok, hogy a növények gyökérzete valamely kedvezőbb tulajdonságú (víz-, tápanyag- stb. ellátottságú) talajrétegben bujábban fejlődik [9, 11], összhangban áll fenti megfigyelésünkkel és még inkább kihangsúlyozza a növény aktív szerepét. A szakirodalomban olvashatunk olyan megfigyelésről is [15], hogy a viszonylag rossz talajnedvességviszonyok között termesztett kukoricának nagyobb gyökérrendszere van, nagyobb adszorpciós felülettel, mint annak, amelyik az optimálist jobban megközelítő viszonyok között fejlődik. Véleményünk szerint az ilyen jellegű vizsgálatok is értékes támpontokat adhatnak a tápanyagellátottság tanulmányozásához.

Munkánk folyamán elsőrendű célunk az volt, hogy a gyakorlati trágyázási szaktanácsadás szempontjából fontos, néhány hazai és külföldi, a növények táplálóanyagellátottságát vizsgáló módszert, e módszerek érzékenységét és hasznavehetőségét tanulmányozzuk.



Kísérleteink közben arra a következtetésre jutottunk, hogy szabadföldi kísérletek, talajvizsgálatok és növényvizsgálatok együttes végzése, e módszerek eredményei között az összefüggéseknek az alapos elemzése, igen sok lehetőséget nyújt a trágyázás kérdéseinek az eddigi ismereteinknél alaposabb megismerésére.

Végül köszönetet mondunk Péter Károly egyetemi tanárnak hasznos tanácsaiért, Précsényi István egyetemi adjunktusnak az eredmények értékelésénél adott hathatós segítségért, valamint mindazoknak, akik munkánkban támogattak.

### Összefoglalás

Szabadföldön és tenyészedényben lefolytatott kukorica műtrágyázási kísérletek elemzését végeztük különböző módszerekkel.

Összefüggéseket kerestünk a talaj könnyen oldható tápanyagtartalma, a kukorica leveléből kioldható szervesetlen N, P, K és a termésmennyiség alakulása között. Vizsgáltuk még a talaj tápanyagtartalma és a levelekből kioldható szervesetlen N, P, K tartalom közötti, valamint a levelekből kioldott szervesetlen N, P, K tartalmainak egymás közötti összefüggéseit is. Vizsgáltuk továbbá a növények tápanyagellátottságát Arland-féle transpiráció mérésével. Végül megvizsgáltuk, hogy különböző tápanyagellátottság esetén hogyan alakul a fiatal kukoricánövények föld feletti zöld- és szárazgyökérsúly aránya. Főbb eredményeink:

1. Az alkalmazott metodikával a talaj könnyen oldható tápanyagkészlete és az elért termés nagysága között összefüggést nem találtunk.

2. A levelekből kioldott szervesetlen N, P, K tartalom és a termés nagysága között, szabadföldi kísérletben a kukorica 6—7 leveles korában nem találtunk összefüggést. Később érés idején csak a kioldott foszfortartalom mutatott megbízható összefüggést a csóterméssel. Tenyészedény viszonyok között beállított hiánykísérletnél a fiatal növényekből kioldott  $\text{NO}_3$ -tartalom megbízható összefüggést mutatott a zöld termés súlyával, a kioldott P és K ugyanakkor nem adott összefüggést.

3. Abban az esetben, amikor csak azokata kezeléseket vettük számításba, amelyekben a talaj tápanyagainak arányát a N javára, illetve rovására erőteljesen eltoltuk, úgy a levelekből kioldott valamennyi vizsgált tápanyag + vagy — irányban megbízható összefüggést mutatott a termés alakulásával.

4. A talaj könnyen oldható N, P, K tartalma és a növények leveléből kioldható szervesetlen N, P, K tartalmak közötti összefüggést vizsgálva csak a N- és K-nál találtunk megbízható pozitív összefüggést.

5. A levelekből kioldható N, P, K tartalmak egymás közötti összefüggései a talaj tápanyagarányaitól függően nagymértékben változtak. A talaj N tartalmának rovására, illetve javára erősen eltolt N : P : K arányok mellett a levelekből kioldott N és P, valamint N és K között megbízható negatív a kioldott P és K között pedig megbízható pozitív korreláció mutatkozott.

6. Az Arland-féle transpiráció mérés eredménye szerint nem kaptuk azt, amit a tenyészedényekben fejlődő növények morfológiai képe és az egyéb vizsgálatok képe után vártunk.

7. A növények egységnyi gyökérmennyiségére eső föld feletti termés annál nagyobb volt, minél jobban voltak ellátva tápanyagokkal.

*Érkezett : 1961. január 27.*

## Irodalom

- [1] ARLAND, A.: Fiebernde Pflanzen — mehr Brot? Auf neuen Wegen zur Steigerung der Kulturpflanzenenerträge. Akad. Verl. Berlin. 1953.
- [2] ARLAND, A.: Tyrannie der Erde, ein Problem des modernen Landbaues. Akad. Verl. Berlin. 1959.
- [3] AVDONIN, N. Sz.: Povisenie plodorodija kizslih pocsv. Szelyhozgiz. Moszkva. 1960.
- [4] BALENEGGER, R.: Talajvizsgálati módszerkönyv. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1953.
- [5] BÖSZÖRMÉNYI, Z.: Az erdei fenyőcsemeték ásványi táplálkozása. I. Agrokémia és Talajtan. **5.** 75—88. 1956.
- [6] CZELNAI, L. R.: Részletek a matematikai statisztika tárgyköréből. Kézirat. Orsz. Meteorológiai Int. Budapest. 1956.
- [7] DOBÓ, F. & ZAJTA, A.: A matematikai statisztika elemei. Kézirat. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat. Budapest. 1955.
- [8] FRENÝÓ, V.: Növényrészek oldható N, K, P tartalmának gyors meghatározása. Agrokémia és Talajtan. **7.** 401—402. 1958.
- [9] KEMENESY, E.: Talajergőzgdálkodás. Akad. Kiadó. Budapest. 1959.
- [10] KERESZTÉNY, B.: Törvényszerűségek a műtrágyahatásokban. Agrokémia és Talajtan. **4.** 365—384. 1955.
- [11] KREYBIG, L.: Trágyázástán. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1955.
- [12] KREYBIG, L.: Az agrotechnika tényezői és irányelvei. Akad. Kiadó. Budapest. 1956.
- [13] LÖRINCZ, J.: A műtrágyázás hatása a kukorica termésére. Agrártudomány. **12.** (4) 24—29. 1960.
- [14] MARTON, Á. & ZANA, F.: Faktoriális parcella elrendezések alkalmazása szabadföldi kísérletekben. Agrokémia és Talajtan. **8.** 185—192. 1959.
- [15] NELSON, L. B.: A kukorica ásványi táplálkozása, különös tekintettel a növény fejlődésére és termesztésére. OMgK. **13.** 645. 1957.
- [16] RATNER, E. I.: Mineralnoe pitánie rasztenij i poglotitelnaja szposzobnoszty pocsv. Izd. AN SSSR. Moszkva. 1950.
- [17] RATNER, E. I.: A növények táplálkozása és a trágyázás. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1958.
- [18] SNEDECOR, G. W.: Statistical methods. Vth Ed. Ames. Iowa. 1957.
- [19] WARING, S. A. & TEAKLE, L. J. H.: Fertility investigations on the black earth wheat-lands of the Dailing Downs, Queensland. III. Mineral nitrogen in the soil and its relation to the wheat crop. Austr. J. Agric. Res. **11.** 27—41. 1960.
- [20] VILJÁMSZ, V. R.: Talajtan. Akad. Kiadó. Budapest. 1950.
- [21] ZSURBICKIJ, Z. J.: Udobrenie kukuruzi za rubezsom. Szelyhozgiz. Moszkva. 1959.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КУКУРУЗЫ

Э. Дежё и Ф. Мауль

Кафедра почвоведения Аграрного Университета, Геделлэ (Венгрия)

## Резюме

Авторы проводили анализы кукурузы, взятой из вегетационных и полевых опытов по применению минеральных удобрений. Искали связь между содержанием растворимых питательных элементов в почве и количеством растворимых неорганических соединений азота, фосфора и калия, полученных из листьев кукурузы и урожаем кукурузы. Исследовали обеспеченность растений питательными элементами методом измерения транспирации по Арланду. Проводили исследования отношений между сырым весом надземной части и сухим весом корней молодых растений кукурузы в зависимости от различных количеств питательных элементов. Были получены следующие выводы:

1. Связь не наблюдалась между количеством легкорастворимых питательных элементов почвы и величиной полученного урожая.

2. В полевых опытах в фазе 6—7 листьев кукурузы не наблюдалось связи между количеством растворенных неорганических соединений N, P, K, полученных из листьев и между величиной урожая. Позже, во время созревания достоверная связь была установлена между содержанием растворимого фосфора и величиной урожая початков. В условиях вегетационных опытов, в опыте с недостатком отдельных питательных эле-



ментов, наблюдалась достоверная связь между содержанием растворимых нитратов, полученных из молодых растений, и между весом зеленой массы. В то же время подобной связи не было в случае внесения растворимого фосфора и калия.

3. Если при вычислении корреляции принимаются во внимание только те варианты, у которых в почве содержание азота увеличивается или уменьшается, тогда имеется достоверная связь между количеством растворенных элементов, полученных из листьев, и формирование урожая.

4. При сравнении содержания легкорастворимых N, P, K почвы и количества легкорастворимых N, P, K листьев растений, имеется достоверная положительная корреляция только в отношении азота и калия.

5. Связи между растворимыми N, P, K, полученными из листьев имели большие расхождения в зависимости от содержания питательных элементов в почве. При различном соотношении N, P, K почвы наблюдалась достоверная отрицательная корреляция между растворимыми N и P, а также между N и K, полученных из листьев. Между растворимыми P и K, полученными из листьев была достоверная положительная корреляция.

6. Данные измерения транспирации по методу Арланда не дали такого результата, который ожидался по морфологическим признакам растений, развивающихся в вегетационных сосудах.

7. При лучшей обеспеченности питательными элементами имеется больший урожай надземной части на единицу количества корней.

*Табл. 1.* Дозы минеральных удобрений в полевом опыте с кукурузой и данные урожая. (1) Обозначение вариантов. (2) Известково-аммиачная селитра. (3) Суперфосфат. (4) 40% калийная соль. (5) Навоз кг/хольд. (6) Урожай початков. (7) Урожай воздушно сухих зерен в ц.хольд. (8) Абсолютный вес в гр. (9) Объемный вес в кг.

*Табл. 2.* Данные анализа почвы полевого опыта и средние урожай. (1) Глубина взятия почвенного образца в см. (2) Номер варианта (O<sub>1</sub> и O<sub>2</sub> получили только навоз). (3) Гумус в %. (4) Урожай початков в ц.хольд.

*Табл. 3.* Средние количества легкорастворимых питательных элементов почвы в мг/100 грамм в контрольных делянках полевого опыта и корреляционный коэффициент между средним содержанием питательных элементов в почве, различных вариантов, и величиной урожая початков. (1) Глубина взятия почвенного образца в см. (2) Взятие образца в июне. (3) Взятие образца в августе.

*Табл. 4.* Содержание растворимых неорганических питательных элементов, полученных из листьев по методу Френю у различных вариантов, в % от воздушно сухого веса листьев и корреляционные коэффициенты. (1) Обозначение вариантов. (2) Взятие образца в июне. (3) Взятие образца в августе.

*Табл. 5.* Данные урожайности отдельных вариантов, взаимосвязи и средние влияния, вычисленные из суммы данных отдельных вариантов. (1) Варианты. (2) Сырой вес урожая, гр./сосуд. (3) Средние влияния и взаимосвязи.

*Табл. 6.* Количество растворенных питательных элементов, выделенных из листьев, в % от воздушно сухих листьев, в среднем из 4-х повторностей. (1) Обозначение вариантов.

*Табл. 7.* Простые, парциальные и тотальные коэффициенты между количеством растворенных N, P, K, полученных из листьев, и величиной урожая, эти же коэффициенты, установленные между количествами отдельных элементов. (1) Простые корреляционные коэффициенты. (2) Парциальные корреляционные коэффициенты. (3) Тотальные корреляционные коэффициенты.

*Табл. 8.* Количество растворимых питательных элементов, полученных из листьев, в % от воздушно сухих листьев, в среднем из 2-х повторностей, у отдельных вариантов. (1) Обозначение варианта. (2) Урожай зеленой массы в гр.

*Табл. 9.* Простые, парциальные и тотальные коэффициенты, установленные между количеством растворимых N, P, K из листьев и величиной урожая, эти же коэффициенты, вычисленные между количествами отдельных элементов. Обозначения см. в табл. 7.

*Табл. 10.* Количество легкорастворимых питательных элементов (в мг/100 гр почвы) в вегетационном сосуде и корреляция этих элементов с количеством растворимых питательных элементов, полученных из листьев.

*Табл. 11.* Вес корней и надземной части у отдельных вариантов. (1) Варианты. (2) Вес зеленой массы 100 растений в гр. (3) Сухой вес корней 100 растений в гр. (4) Соотношение между сырым весом растений и сухим весом корней.

*Рис. 1.* Результаты компостирования почвы по методу Варалаи. Вегетационный опыт. (1) Исходная сухая почва. (2) Компостирование с добавлением удобрений. (3) Компостирование без удобрений.

Рис. 2. Результаты компостирования почвы по методу Вараяи. Вегстационарный опыт. Обозначения см. в рис. 1.

Рис. 3. Результаты измерения транспирации растений, различных вариантов. На ординате — транспирационная вода в %.

## Recherches concernant l'état d'approvisionnement en matières nutritives du maïs

E. DEZSŐ et F. MAUL

Chaire de Pédologie de l' Université des Sciences Agronomiques, Gödöllő

### Résumé

Nous avons fait l'analyse par plusieurs méthodes des récoltes de maïs obtenus dans des essais de fertilisation au champ et en des vases de végétation.

Nous avons recherché s'il y a une corrélation entre la teneur en matières nutritives solubles du sol, entre la quantité de N, P et K inorganiques solubles des feuilles du maïs et la grandeur de la récolte. Nous avons aussi étudié les relations existant entre la teneur du sol en matières nutritives et la teneur des feuilles en N, P, K inorganiques solubles ainsi que les relations entre elles des teneurs en N, P, K inorganiques solubles des feuilles. Nous avons encore étudié l'état d'approvisionnement des plantes en mesurant la transpiration selon Arland. Enfin nous avons encore fait des observations pour voir comment se constitue le rapport entre le poids vert des parties aériennes et le poids sec des racines des jeunes plantes dans le cas d'un approvisionnement en matières nutritives varié.

Nos résultats principaux sont:

1. Nous n'avons pas trouvé de corrélation, à l'aide de la méthodique employée, entre la teneur en matières nutritives facilement solubles du sol et la grandeur des récoltes. Dans les essais au champ, lorsque la plante avait 6 à 7 feuilles, nous n'avons pas trouvé de corrélation entre la teneur en N, P et K solubles des feuilles. Plus tard, à l'époque de la maturation seule la teneur en phosphore soluble a présenté une corrélation sûre avec la récolte en épis de maïs. Dans les essais de carence faits en vases de végétation la quantité de  $\text{NO}_3$  extraite des jeunes plantes a présenté une corrélation significative avec le poids de la matière verte, mais le phosphore et la potasse extraits n'ont pas présenté une corrélation.

3. En ne considérant que les traitements, dans lesquelles nous avons considérablement altéré le rapport du phosphore et de la potasse avec l'azote, l'on observe une corrélation sûre, d'un ordre positif ou négatif, entre toutes les matières nutritives extraites des feuilles et la grandeur des récoltes.

4. En comparant la teneur en N, P, K facilement soluble du sol et la teneur en N, P et K inorganiques extraits des feuilles l'on n'observe que dans le cas du N et K une corrélation sûre positive.

5. Les interrelations entre les teneurs en N, P et K solubles des feuilles ont grandement varié selon les proportions des matières nutritives du sol. Avec des proportions N : P : K considérablement déplacés quant à l'azote, au détriment ou à l'avantage de celui-ci il y avait une corrélation négative significative entre N et P, ainsi que N : K extraits des feuilles, alors qu'il y avait une corrélation positive significative entre P et K extraits des feuilles.

6. Les mesures de la transpiration selon Arland n'ont pas confirmé ce que nous avons attendu d'après l'apparence morphologique des plantes en vases de végétation et selon les autres observations.

7. Le poids des parties vertes des plantes rapporté au poids des racines comme unité, a été autant plus grand qu'elles étaient mieux pourvues en matières nutritives.

Nous exprimons nos remerciements au professeur K. Páter pour ses conseils, à l'adjoint I. Présényi pour son aide à l'évaluation des résultats, et à tous ceux qui nous ont aidés dans notre travail.

Tableau 1. Les doses d'engrais et la quantité des récoltes des essais de fertilisation en plein champ avec du maïs, selon les traitements. (1) Traitements. (2) Pétió (nitrate d'ammoniaque +  $\text{CaCl}_2$ ). (3) Superphosphate. (4) Sel de potasse à 40%. (5) Fumier de ferme, kg/arpent (0,56 ha). (6) Récolte d'épis. (7) Rendement des grains égrenés en mai, q/arpent (0,56 ha). (8) Poids de 1000 grains g. (9) Poids de l'hectolitre kg.

*Tableau 2.* Données fondamentales du sol de l'expérience en plein air et rendements moyens des traitements respectifs. (1) Profondeur de l'échantillon, cm. (2) Marque du traitement (0<sub>1</sub> et 0<sub>2</sub> = parcelle à fumier de ferme seulement). (3) Humus %. (4) Rendement des épis q/arpent (0,56 ha).

*Tableau 3.* Valeurs moyennes de la teneur en matière nutritive des parcelles 0 de l'expérience au champ, mg/100 à de sol, ainsi que le coefficient de corrélation entre la teneur moyenne en matière nutritives du sol des divers traitements et la grandeur du rendement en épis. (1) Profondeur de l'échantillon. (2) Prise d'échantillon de juin. (3) Prise d'échantillon d'août.

*Tableau 4.* Matières nutritives inorganiques extraites des plantes selon la méthode de Frenyó, par traitement, en pour cent de la feuille sèche et les coefficient de corrélation. (1) Signe du traitement. (2) Prise d'échantillon de juin. (3) Prise d'échantillon d'août.

*Tableau 5.* Rendement des divers traitements, ainsi que les effets moyens et contre-effet calculés d'après les sommes des traitements. (1) Traitement. (2) Poids vert g/vase. (3) Rendement total des traitements. (4) Effet moyen et contre-effet.

*Tableau 6.* Matières nutritives solubles des feuilles en pour cent de la feuille sèche, moyennes de 4 séries. (1) Signe du traitement.

*Tableau 7.* N, P et K extrait des feuilles, ainsi que les coefficients simples, partiels et totaux de la corrélation entre le rendement et ces matières nutritives. (1) Coefficients de corrélation simple. (2) Coefficient de corrélation partielle. (3) Coefficients de corrélation total.

*Tableau 8.* Les matières nutritives solubles des feuilles, par traitement, en pour cent de la feuille sèche, moyennes de 2-2 séries. (1) Marque des traitements. (2) Rendement moyen vert g.

*Tableau 9.* Coefficients simples, partiels et totaux de la corrélation entre N, P et K solubles de feuilles et le rendement, ainsi qu'entre ces matières nutritives, dans le cas de traitements choisis. Pour les marques voir tabl. 7.

*Tableau 10.* Matières nutritives facilement solubles de la terre des vases d'expériences (mg/100 g de terre) et leur corrélation avec les matières nutritives extraites des feuilles.

*Tableau 11.* Poids des racines et des parties aériennes, par traitements. (1) Traitement. (2) Poids vert de 100 plantes g (partie aérienne). (3) Poids sec des racines de 100 plantes g. (4) Rapport entre le poids vert des plantes et le poids sec des racines.

*Fig. 1.* Résultats de l'incubation des terres selon Várallyay. Essais en vases. (1) Terre sèche originale. (2) Terre incubée avec engrais. (3) Terre incubée à l'état humide.

*Fig. 2.* Résultats de l'incubation des terres selon Várallyay. Essais en vases. (1) Terre sèche originale. (2) Terre incubée avec engrais. (3) Terre incubée à l'état humide.

*Fig. 3.* Résultats du pesage de la transpiration des plantes traitées de différentes manières. Axe vertical eau transpirée %.